

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

10.10.03

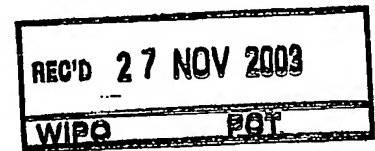
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2003年 9月 5日

出願番号  
Application Number: 特願2003-314646  
[ST. 10/C]: [JP 2003-314646]

出願人  
Applicant(s): 株式会社村田製作所

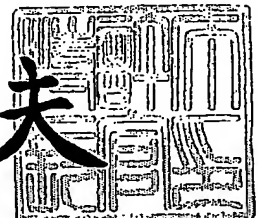


PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年11月14日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願  
【整理番号】 32-1112P  
【提出日】 平成15年 9月 5日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【国際特許分類】 H03H 9/70  
H03H 9/25

【発明者】  
【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式会社村田製作所内  
【氏名】 河村 秀樹

【特許出願人】  
【識別番号】 000006231  
【氏名又は名称】 株式会社村田製作所

【代理人】  
【識別番号】 100080034  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 原 謙三  
【電話番号】 06-6351-4384

【先の出願に基づく優先権主張】  
【出願番号】 特願2002-325672  
【出願日】 平成14年11月 8日

【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 003229  
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】  
【物件名】 特許請求の範囲 1  
【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1  
【包括委任状番号】 0014717

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

少なくとも一対の対向する電極で挟まれている少なくとも 1 層の圧電薄膜を有する圧電薄膜共振子が、基板の開口部若しくは凹部上に、梯子型に配置されている送信側フィルタ及び受信側フィルタを備え、該送信側フィルタと該受信側フィルタとをアンテナ端子に並列接続してなる分波器であって、

前記送信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子と、前記受信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子とが互いに異なる構造を有することを特徴とする分波器。

**【請求項 2】**

前記送信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子と、前記受信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子とは、互いに異なる圧電膜を有することを特徴とする請求項 1 に記載の分波器。

**【請求項 3】**

前記送信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子の圧電膜は  $AlN$  からなり、前記受信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子の圧電膜は  $ZnO$  からなることを特徴とする請求項 2 に記載の分波器。

**【請求項 4】**

前記送信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子と、前記受信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子とは、電極の材料が互いに異なることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の分波器

**【請求項 5】**

前記送信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子と、前記受信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子とは、電極の材料の音響インピーダンスが互いに異なることを特徴とする請求項 4 に記載の分波器。

**【請求項 6】**

前記受信側フィルタの通過帯域は送信側フィルタよりも高周波側に位置しており、受信側フィルタを構成する電極の材料の音響インピーダンスは、送信側フィルタを構成する電極の材料の音響インピーダンスよりも高いことを特徴とする、請求項 4 または 5 に記載の分波器。

**【請求項 7】**

前記送信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子は、2 倍波を用い、前記受信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子は、基本波を用いることを特徴とする、請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載の分波器。

**【請求項 8】**

前記送信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子と、前記受信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子とは、基板の開口部若しくは凹部上に、互いに異なる絶縁膜を有することを特徴とする請求項 1 ないし 7 のいずれか 1 項に記載の分波器。

**【請求項 9】**

前記受信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子の絶縁膜が  $SiO_2$  からなることを特徴とする請求項 8 に記載の分波器。

**【請求項 10】**

前記受信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子の絶縁膜が、圧電薄膜に近い方から順に  $SiO_2$ 、 $Al_2O_3$  の 2 層からなることを特徴とする請求項 8 に記載の分波器。

**【請求項 11】**

前記受信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子の絶縁膜が、圧電薄膜に近い方から順に  $SiO_2$ 、 $AlN$  の 2 層からなることを特徴とする請求項 8 に記載の分波器。

**【請求項 12】**

前記送信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子の絶縁膜が、圧電薄膜に近い方から順に  $AlN$ 、 $SiO_2$  の 2 層からなることを特徴とする請求項 8 ないし 11 のいずれか 1 項に記載の分波器。

## 【請求項 13】

前記送信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子の絶縁膜が、圧電薄膜に近い方から順に  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$  の 2 層からなることを特徴とする請求項 8 ないし 11 のいずれか 1 項に記載の分波器。

## 【請求項 14】

請求項 1 ないし 13 のいずれか 1 項に記載の分波器を搭載したことを特徴とする、通信装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】分波器および通信装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、通信装置等に用いられる、圧電薄膜共振子を有するフィルタを備える分波器に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、弾性バルク波を用いる圧電薄膜フィルタが開発されている。上記圧電薄膜フィルタは、小型かつ軽量であり、耐振性や耐衝撃性に優れ、製品のバラツキが少なく信頼性に富んでおり、回路の無調整化が図れるため、実装の自動化、簡略化が図れ、その上、高周波化を図っても、製造が容易という優れた各特性を有している。

【0003】

また、上記のような圧電薄膜フィルタを備える分波器（デュプレクサ）が提案されている。例えば、特許文献1では、圧電薄膜共振子をラダー型に備えた圧電薄膜フィルタを有する分波器が開示されている。特許文献1における分波器において用いられている圧電薄膜共振子は、送信側フィルタと、受信側フィルタとで、共に電極材料がMo、圧電薄膜がAlNで構成されている。

【特許文献1】特開2001-24476号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、分波器において、送信側フィルタと、受信側フィルタとでは求められる特性が異なる。つまり、同じ構造の圧電薄膜共振子は、送信側フィルタと、受信側フィルタとのどちらか一方のみにしか最適化されていない。上記特許文献1では、送信側フィルタ、受信側フィルタの両方が同じ構造を有しているため、送信側、受信側のそれぞれにおいて最適な特性を有する分波器を構成することができないという問題がある。

【0005】

本発明は上記の問題点に鑑みなされたものであり、その目的は、送信側フィルタおよび受信側フィルタの構成を最適化した、良好な特性を有する分波器を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の分波器は、上記の課題を解決するために、少なくとも一対の対向する電極で挟まれている少なくとも1層の圧電薄膜を有する圧電薄膜共振子が、基板の開口部若しくは凹部上に、梯子型に配置されている送信側フィルタ及び受信側フィルタを備え、該送信側フィルタと該受信側フィルタとをアンテナ端子に並列接続してなる分波器であって、前記送信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子と、前記受信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子とが互いに異なる構造を有することを特徴としている。

【0007】

本発明の分波器では、前記送信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子と、前記受信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子とは、互いに異なる圧電膜を有することが好ましい。

【0008】

本発明の分波器では、前記送信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子の圧電膜はAlNからなり、前記受信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子の圧電膜はZnOからなることが好ましい。

【0009】

本発明の分波器では、前記送信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子と、前記受信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子とは、電極の材料が互いに異なることが好ましい。

【0010】

本発明の分波器では、前記送信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子と、前記受信側フ

フィルタを構成する圧電薄膜共振子とは、電極の材料の音響インピーダンスが互いに異なることが好ましい。

【0011】

本発明の分波器では、前記受信側フィルタの通過帯域は送信側フィルタよりも高周波側に位置しており、受信側フィルタを構成する電極の材料の音響インピーダンスは、送信側フィルタを構成する電極の材料の音響インピーダンスよりも高いことが好ましい。

【0012】

本発明の分波器では、前記送信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子は、2倍波を用い、前記受信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子は、基本波を用いることが好ましい。

【0013】

また、本発明の分波器は、上記の構成に加えて、前記送信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子と、前記受信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子とは、基板の開口部若しくは凹部に、互いに異なる絶縁膜を有することが好ましい。

【0014】

本発明の分波器では、前記受信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子の絶縁膜がSiO<sub>2</sub>からなることが好ましい。

【0015】

本発明の分波器では、前記受信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子の絶縁膜が、圧電薄膜に近い方から順にSiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の2層からなることが好ましい。

【0016】

本発明の分波器では、前記受信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子の絶縁膜が、圧電薄膜に近い方から順にSiO<sub>2</sub>、AlNの2層からなることが好ましい。

【0017】

本発明の分波器では、前記送信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子の絶縁膜が、圧電薄膜に近い方から順にAlN、SiO<sub>2</sub>の2層からなることが好ましい。

【0018】

本発明の分波器では、前記送信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子の絶縁膜が、圧電薄膜に近い方から順にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>の2層からなることが好ましい。

【0019】

本発明の通信装置は、上記に記載の分波器を搭載したことを特徴としている。

【発明の効果】

【0020】

本発明の分波器は、少なくとも一対の対向する電極で挟まれている少なくとも1層の圧電薄膜を有する圧電薄膜共振子が、基板の開口部若しくは凹部に、梯子型に配置されている送信側フィルタ及び受信側フィルタを備え、該送信側フィルタと該受信側フィルタとをアンテナ端子に並列接続してなる分波器であって、前記送信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子と、前記受信側フィルタを構成する圧電薄膜共振子とが互いに異なる構造を有する構成である。

【0021】

上記の構成によれば、送信側フィルタと受信側フィルタとで互いに異なる構造の圧電薄膜共振子を有しているので、送信側フィルタおよび受信側フィルタのそれぞれにおいて最適な特性を有する分波器を提供することができるという効果を奏する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

【実施の形態1】

本発明の実施の一形態について、図1ないし図4に基づいて説明すれば、以下の通りである。本実施の形態では、送信帯域が1850～1910MHz、受信帯域が1930～1990MHzであるデュプレクサについて説明する。

【0023】

本実施の形態にかかるデュプレクサ（分波器）は、図1に示すように、送信端子1、受

信端子2、アンテナ端子3を備えている。上記デュプレクサは、アンテナ端子3と送信側端子1との間に設けられた送信側フィルタ5、アンテナ端子3と受信側端子2との間に設けられた受信側フィルタ6、およびアンテナ端子3と受信側フィルタ6との間に設けられた整合回路7を備えている。つまり、上記デュプレクサは、送信側フィルタ5と該受信側フィルタ6とをアンテナ端子3に並列接続している。また、アンテナ端子3と送信側フィルタ5との間には、キャパシタンス8を備えている。上記送信側フィルタ5と受信側フィルタ6とは、互いに通過帯域が相違するように設定されている。

#### 【0024】

上記送信側フィルタ5は、直列共振子11a、11bおよび並列共振子12a、12bをラダー型に備えている。また、上記並列共振子12a、12bは、インダクタンス13a、13bを介して接地されている。上記インダクタンス13a、13bにより、上記送信側フィルタ5の通過帯域を伸長させることができる。

#### 【0025】

上記受信側フィルタ6は、直列共振子21a、21b、21cおよび並列共振子22a、22b、22c、22dをラダー型に備えている。また、上記並列共振子22a、22b、22c、22dは接地されている。

#### 【0026】

上記整合回路7は、直列に接続されたインダクタンス71と並列に接続されたキャパシタンス72、73を備えている。

#### 【0027】

本実施の形態において、上記送信側フィルタ5および受信側フィルタ6に備えられている各共振子は、圧電材料からなる薄膜（圧電薄膜）と、該圧電薄膜を挟み込むとともに対向している電極とを備える圧電薄膜共振子である。

#### 【0028】

以下、送信側フィルタが相対的に低い周波数特性を有し、受信側フィルタが相対的に高い周波数特性を有する場合において、上記送信側フィルタ5、受信側フィルタ6に求められている特性を説明する。

#### 【0029】

送信側フィルタ5は、大きな電力が印加される。そのため、該送信側フィルタ5に用いられている各共振子は、Q値が高いことが好ましい。このQ値は、共振子における機械的な振動の損失を示すものである。このQ値が低いと、共振子における機械的な振動の損失が増加するため、この損失が熱となって共振子が発熱し、その結果共振子の短寿命化につながる。さらには、送信側フィルタ5の短寿命化にもつながる。上記Q値は、共振子の構造にも依存し、さらには共振子に用いられる材料の弾性損失が小さいほど高くなる。各材料の弾性損失は周波数等にも依存するため、具体的な値について言及することは難しいが、表面波デバイス等でよく用いられる伝搬損失がひとつの目安になる。つまり、共振子のQ値は、共振子に用いられる材料の伝搬損失が小さいほど高くなると考えられる。

#### 【0030】

上記送信側フィルタ5の各共振子には、熱伝導性の高い材料が用いられることが好ましい。これは、熱伝導性が低いと、放熱性が悪いことにより、共振子が加熱され、共振子の短寿命化につながるからである。

#### 【0031】

上記送信側フィルタ5の各共振子の電気機械結合係数 $k^2$ （実効的な結合係数 $k_{eff}^2$ ）は、3～4％程度であることが好ましい。これは、 $k_{eff}^2$ が小さくても、外部回路（例えば、伸長インダクタンス）によって通過帯域を或る程度低周波側に広げることができるためである。また、上記 $k_{eff}^2$ は、5％以上なると、高周波側のroll-off特性（送信側の通過帯域1910MHzから受信側の通過帯域1930MHzにかけての減衰の急峻さ）は劣化する。圧電薄膜の材料に $k^2$ の大きな材料を用いれば、共振子の $k_{eff}^2$ も大きくなる。また、 $k_{eff}^2$ は、共振子の構造にも依存する。

#### 【0032】

受信側フィルタ 6 は、外部回路によって低周波側に通過帯域を広げると、送信側フィルタ 5 と干渉してしまう。また、外部回路によって高周波側に通過帯域を広げることができない。そのため、受信側フィルタ 6 では、 $k_{eff}^2$  の大きな共振子を用いて、外部回路の補助も用いずに所定量のフィルタ帯域を確保する必要がある。

#### 【0033】

上記の特性を有する送信側フィルタ 5 の圧電薄膜共振子、および受信側フィルタ 6 の圧電薄膜共振子の構造について、図 2、図 3 に基づいてより詳細に説明する。

#### 【0034】

図 2 に示すように、送信側フィルタ 5 の共振子は、シリコン (Si) からなる支持基板 (基板) 32、その支持基板 32 の上に形成されている絶縁膜 31 を備えている。さらに、支持基板 32 は、支持基板 32 を厚さ方向に貫通し、他方の絶縁膜 31 まで達する開口部 (空洞部) を備えている。また、この絶縁膜 31 上には、順に、下部電極 (電極) 33、圧電薄膜 34、および上部電極 (電極) 35 を備えている。上記絶縁膜 31 はダイヤフラムを形成している。このダイヤフラムは、上記開口部 (空洞部) に面している。

#### 【0035】

また、図 3 に示すように、受信側フィルタ 6 の共振子は、シリコン (Si) からなる支持基板 (基板) 42、その支持基板 42 上に形成されている絶縁膜 41 を備えている。さらに、支持基板 42 は、支持基板 42 を厚さ方向に貫通し、絶縁膜 41 まで達する開口部 (空洞部) を備えている。また、この絶縁膜 41 上には、順に、下部電極 43、圧電薄膜 44、および上部電極 45 を備えている。

#### 【0036】

上記絶縁膜 41 はダイヤフラムを形成している。このダイヤフラムは、上記開口部 (空洞部) に面している。

#### 【0037】

なお、図 2、図 3 に示す共振子では、2 倍波を用いている。

#### 【0038】

本実施の形態では、送信側フィルタ 5 の各共振子と、受信側フィルタ 6 の各共振子とで、圧電薄膜の種類を異ならせている。送信側フィルタ 5 の各共振子の圧電薄膜 34 には AlN、絶縁膜 31 には  $\text{SiO}_2$ 、下部電極 33 および上部電極 35 には Au/Ti を用いている。また、受信側フィルタ 6 の各共振子の圧電薄膜 45 には ZnO、絶縁膜 41 には  $\text{SiO}_2$ 、下部電極 43 および上部電極 45 には Au/Ti を用いている。

#### 【0039】

上記送信側フィルタ 5 の各共振子についてより詳細に説明する。AlN は、ZnO よりも、熱伝導性がよく、弾性損失が小さい。また、電気機械結合係数は小さい ( $k_t = 0.23$ 、熱伝導率  $W/(m \cdot ^\circ C) = 150$ )。したがって、送信側フィルタ 5 の各共振子は、受信側フィルタ 6 の各共振子よりも Q 値が高く、放熱性の良くすることができる。

#### 【0040】

また、上記送信側フィルタ 5 の各共振子では、 $\text{SiO}_2$  からなる絶縁膜 31 を用いているため、AlN からなる圧電薄膜 34 との温度係数が逆となっている。そのため、圧電薄膜 34 と絶縁膜 31 とで互いに温度変化を打ち消し合い、上記送信側フィルタ 5 の各共振子における温度特性を向上させることができる。

#### 【0041】

また、AlN は、ZnO に比べて音速が大きいため、ZnO を用いた共振子と同等の周波数を得ようとする、ダイヤフラムの膜厚を厚くするか、密度の大きい電極材料を用いる必要がある。AlN の膜厚を厚くした場合には、共振子の容量 ( $C_0$ ) を所定の値にするために上部電極 35 および下部電極 33 が重なる部分 (振動部分) の面積を増やすことになり、素子サイズが大きくなる。ただし、上部電極 35 および下部電極 33 の少なくとも一方に、密度が  $8 \text{ g/cm}^3$  以上の金属 (例えば、Au: 19.3、Pt: 21.45、Ni: 8.9、Mo: 10.4 等) を用いることにより、上部電極 35 あるいは下部電極 33 の面積を増やすことなく所定の周波数を得ることができる。



## 【0042】

上記受信側フィルタ6の各共振子についてより詳細に説明する。ZnOは、AlNよりも電気機械結合係数 $k_t$ が大きい( $k_t=0.30$ )。したがって、受信側フィルタ6の各共振子では、 $k_{eff}^2$ を大きくすることができる。なお、ZnOは、AlNよりも熱伝送率は低い(熱伝導率 $W/(m \cdot ^\circ C)=4$ )。

## 【0043】

また、上記受信側フィルタ6の各共振子では、SiO<sub>2</sub>からなる絶縁膜41を用いているため、ZnOからなる圧電薄膜44との温度係数が逆となっている。そのため、圧電薄膜44と絶縁膜41とで互いに温度変化を打ち消し合い、上記受信側フィルタ6の各共振子における温度特性を向上させることができる。

## 【0044】

また、上記送信側フィルタ5の各共振子では、圧電薄膜34に $k_{eff}^2$ の小さいAlNを用いているため、前記受信側フィルタに比べ共振子の $k_{eff}^2$ は小さくなる。この場合、図1に示すように送信側フィルタ5の並列共振子12a、12bには、インダクタンス13a、13bが接続されているので、通過帯域を低域側に広げることができ、所望の帯域幅を得ることができる。

## 【0045】

## 【実施の形態2】

本発明の他の実施の形態について図4ないし図8に基づいて説明すれば、以下の通りである。なお、説明の便宜上、前記実施の形態1にて示した各部材と同一の機能を有する部材には、同一の符号を付記し、その説明を省略する。

## 【0046】

本実施の形態では、受信側フィルタ6の各共振子における絶縁膜41が、図4に示すように、基板42上から順に、絶縁膜41a、絶縁膜41bの2層からなる構成である。

## 【0047】

本実施の形態では、上記絶縁膜41aをAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、上記絶縁膜41bをSiO<sub>2</sub>とすることが好ましい。この構成では、ZnOからなる圧電薄膜44と、SiO<sub>2</sub>からなる絶縁膜41bとでは圧縮応力がかかり、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>からなる絶縁膜41aでは引っ張り応力がかかる。これにより、ダイヤフラムの強度を安定させることができる。

## 【0048】

また、本実施の形態では、上記絶縁膜41aをAlNとしてもよい。この場合に、AlNからなる絶縁膜41aと、SiO<sub>2</sub>からなる絶縁膜41bとの温度係数が逆となっている。そのため、絶縁膜41aと絶縁膜41bとで互いに温度変化を打ち消し合い、上記受信側フィルタ6の各共振子における温度特性を向上させることができる。さらに、AlNは、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>よりも熱導電性に優れるため、放熱性を向上させることができる。

## 【0049】

上記の構成では、 $k_{eff}^2$ を大きくすることができる。これは、上記絶縁膜41bのSiO<sub>2</sub>の音響インピーダンスが $1.3 \times 10^7$  (N・s/m<sup>3</sup>)であり、圧電薄膜44のZnO ( $3.5 \times 10^7$  (N・s/m<sup>3</sup>))、絶縁膜41aであるAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ( $3.9 \times 10^7$  (N・s/m<sup>3</sup>))、AlN ( $3.5 \times 10^7$  (N・s/m<sup>3</sup>))よりも小さいためである。つまり、圧電薄膜44と絶縁膜41bとの界面での音波の反射が大きく、圧電薄膜44に音波のエネルギーが集中するため、 $k_{eff}^2$ を大きくすることができる。図5の振動の変位図に示すように、圧電薄膜44のZnOにおける振動の変位のほうが、絶縁膜41bのSiO<sub>2</sub>における振動の変位より大きくなっていることがわかる。

## 【0050】

上記圧電薄膜44、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>からなる絶縁膜41a、SiO<sub>2</sub>からなる絶縁膜41bの膜厚は、図6に示すように、 $k_{eff}^2$ が大きくなるという観点からは、圧電薄膜44の膜厚：(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>からなる絶縁膜41aの膜厚+SiO<sub>2</sub>からなる絶縁膜41bの膜厚)の膜厚比が、0.7~1.3であることが好ましい。さらに、図7に示すように、Q値が高く

なるという観点では、0.6~0.8となることが好ましい。また、図8に示すように、周波数温度変化率(TCF)の絶対値が小さくなるという観点では、絶縁膜41a( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ):絶縁膜41b( $\text{SiO}_2$ )が1以上であることが好ましい。ただし、絶縁膜41aの割合が極端に少なくなると応力バランスの問題が生じるため、絶縁膜41a( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ):絶縁膜41b( $\text{SiO}_2$ )が1以上、3以下であることがより好ましい。

#### 【0051】

なお、上記図6~8では、圧電薄膜44に $\text{ZnO}$ 、絶縁膜41aに $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、絶縁膜41bに $\text{SiO}_2$ を用いている。また、圧電薄膜44を挟み込む上部電極45、下部電極43にAlを用い、膜厚を180nmとしている。上記の条件で、絶縁膜41b( $\text{SiO}_2$ )と絶縁膜41a( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )との膜厚比を3:1~1:3まで変化させたときの計算結果を示している。各膜厚の絶対量は、共振子の周波数帯を1900MHzになるようにすることにより決定している。

#### 【0052】

##### 【実施の形態3】

本発明のさらに他の実施の形態について図9ないし図17に基づいて説明すれば、以下の通りである。なお、説明の便宜上、前記実施の形態1および実施の形態2にて示した各部材と同一の機能を有する部材には、同一の符号を付記し、その説明を省略する。

#### 【0053】

本実施の形態では、送信側フィルタ5の各共振子における絶縁膜31が、図9に示すように、基板32上から順に、絶縁膜31a、絶縁膜31bの2層からなる構成である。

#### 【0054】

本実施の形態では、絶縁膜31aを $\text{SiO}_2$ 、上記絶縁膜31bをAlNとすることが好ましい。この場合に、AlNは熱伝導性に優れるため、素子の放熱性を向上させることができる。これにより、素子の高耐電力化、長寿命化、信頼性向上を図ることができる。

#### 【0055】

また、本実施の形態では、絶縁膜31aを $\text{SiO}_2$ 、絶縁膜31bを $\text{Al}_2\text{O}_3$ としてもよい。この構成では、 $\text{SiO}_2$ からなる絶縁膜31aでは圧縮応力がかかり、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ からなる絶縁膜31bでは引っ張り応力がかかる。これにより、ダイヤフラムの強度を安定させることができる。

#### 【0056】

上記の構成では、TCF(周波数温度変化率)の絶対値を小さくすることができる。これは、圧電薄膜34あるいは絶縁膜31bに用いられる $\text{ZnO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、AlNの温度係数が負である(温度上昇によって周波数が低下する)のに対して、絶縁膜31aに用いられる $\text{SiO}_2$ の温度係数が正となっているからである。また、図10の振動の変位図(ここでは、圧電薄膜34に $\text{ZnO}$ を用いている)に示すように、圧電薄膜34の $\text{ZnO}$ における振動の変位が、絶縁膜31aの $\text{SiO}_2$ の温度係数の影響を強く受け、共振子全体のTCFを正の方向にシフトする(ゼロに近づく)からであると考えられる。

#### 【0057】

上記圧電薄膜34、 $\text{SiO}_2$ からなる絶縁膜31a、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ からなる絶縁膜31bを用いた場合、絶縁膜31a、絶縁膜31bの膜厚は、図11および図12に示すように、 $k^2_{\text{eff}}$ が大きくなるという観点およびQ値が高くなるという観点からは、圧電薄膜34の膜厚に対する依存が小さく、特に限定されるものではないが、圧電薄膜34の膜厚:( $\text{SiO}_2$ からなる絶縁膜31aの膜厚+ $\text{Al}_2\text{O}_3$ からなる絶縁膜31bの膜厚)の膜厚比が、0.7~1.2であることが好ましい。また、図13に示すように、周波数温度変化率(TCF)の絶対値が小さくなるという観点では、絶縁膜31a( $\text{SiO}_2$ ):絶縁膜31b( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )が1以上であることが好ましい。ただし、絶縁膜31a( $\text{SiO}_2$ )の割合が極端に少なくなると応力バランスの問題が生じるため、絶縁膜31a( $\text{SiO}_2$ ):絶縁膜31b( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )が1以上、3以下であることがより好ましい。

#### 【0058】

なお、上記図11~13では、圧電薄膜34に $\text{ZnO}$ 、絶縁膜31aに $\text{SiO}_2$ 、絶縁

膜 31b に  $\text{Al}_2\text{O}_3$  を用いている。また、圧電薄膜 34 を挟み込む上部電極 35、下部電極 33 に  $\text{Al}$  を用い、膜厚を 180 nm としている。上記の条件で、絶縁膜 31b ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) と絶縁膜 31a ( $\text{SiO}_2$ ) との膜厚比を 3:1 ~ 1:3 まで変化させたときの計算結果を示している。各膜厚の絶対量は、共振子の周波数帯を 1900 MHz になるようにすることにより決定している。

#### 【0059】

また、図 14 に示すように、受信側フィルタを、2つの直列共振子と3つの並列共振子で構成してもよい。図 15 に示すように、送信側フィルタにおいて送信側端子側に直列に共振子を追加し、整合回路の構成を2つの直列のインダクタンスと1つの並列のキャパシタンスとし、さらにキャパシタンス 8 を省いてもよい。図 16 に示すように、図 14 における送信側フィルタにおいて、直列共振子をそれぞれ2つの直列共振子に置き換えてもよい。

#### 【0060】

また、上記送信側フィルタ 5 および受信側フィルタ 6 における各共振子の変形例を図 17 に基づいて説明する。図 17 に示すように、上記共振子は、基板 52 に形成された凹部 56 上に、その周縁で吊られた絶縁膜 51 を備えている。そして絶縁膜 51 上には、下部電極 53、圧電薄膜 54、上部電極 55 が形成されている。この構成においても、上記の送信側フィルタ 5 および受信側フィルタ 6 における圧電薄膜、絶縁膜の構成を適用することにより、上記と同様の効果を得ることができる。

#### 【0061】

また、送信側フィルタ 5 と、受信側フィルタ 6 との共振子において、材料が同じで、積層順序のみを代えた構成にした場合、同じ成膜装置を使用することができ、コストを削減することができる。

#### 【0062】

ここで、送信側フィルタ 5 において、圧電薄膜 34 に  $\text{ZnO}$ 、絶縁膜 31a に  $\text{SiO}_2$ 、絶縁膜 31b に  $\text{AlN}$  を用いた共振子を使用することにより  $Q$  値が 700、 $k^2_{\text{eff}}$  が 2.9% の特性値を達成することができる。また、受信側フィルタ 6 において、圧電薄膜 44 に  $\text{ZnO}$ 、絶縁膜 41a に  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、絶縁膜 41b に  $\text{SiO}_2$  を用いた共振子を使用することにより、 $Q$  値が 400、 $k^2_{\text{eff}}$  が 5.3% の特性値を達成することができる。これらの送信側フィルタ 5 と、受信側フィルタ 6 とにおける挿入損失の周波数特性を図 18、19 に示す。これら図 18、19 からわかるように、送信側フィルタ 5 では、並列共振子にインダクタンスを接続しているため、 $k^2_{\text{eff}}$  が小さいにも関わらず帯域幅を低域側に広げることができる。これに対して、受信側フィルタ 6 では、 $k^2_{\text{eff}}$  を大きくしているため、帯域幅を大きくすることができる。図 19 からわかるとおり、3.5 dB 落ちの帯域幅を、送信側フィルタ 5 では 80 MHz、受信側フィルタ 6 では 68 MHz 確保することができる。

#### 【0063】

比較例として、受信側フィルタ 6 において、圧電薄膜 44 に  $\text{ZnO}$ 、絶縁膜 41a に  $\text{SiO}_2$ 、絶縁膜 41b に  $\text{AlN}$  を用いた共振子を使用することにより、 $Q$  値を 700、 $k^2_{\text{eff}}$  を 2.9% の特性値とした場合には、図 20、21 に示すように、受信側フィルタ 6 の 3.5 dB 落ちの帯域幅は 36 MHz しか確保することができない。

#### 【0064】

##### 〔実施の形態 4〕

本実施の形態では、図 22 に示す、圧電薄膜共振子 100 における共振特性について検討を行った。上記圧電薄膜共振子 100 は、シリコン ( $\text{Si}$ ) からなる支持基板 (基板) 102 を備えている。また、この支持基板 102 上には、順に、下部電極 (電極) 103、 $\text{ZnO}$  からなる圧電薄膜 104、および上部電極 (電極) 105 を備えている。さらに、支持基板 102 は、支持基板 102 を厚さ方向に貫通し、他方の下部電極 103 まで達する開口部 (空洞部) を備えている。上記開口部 (空洞部) に面して、ダイヤフラムが形成されている。

## 【0065】

上記圧電薄膜共振子100において、上部電極105と下部電極103とを同一の材料および同一の膜厚として検討を行った。

## 【0066】

本実施例にて用いた電極の材料は、アルミニウムAl、モリブデンMo、銅Cu、タンゲステンW、白金Ptである。各電極の材料における、共振子の全膜厚（上部電極105の膜厚+圧電薄膜104の膜厚+下部電極103の膜厚）に対する圧電薄膜の膜厚の割合（圧電膜厚比）に対する、電気機械結合係数（ $k^2_{eff}$ ）を示した検討結果を図23に示す。

## 【0067】

図23より、圧電膜厚比を最適に選択した場合、上記5種類の電極の材料の中で、電気機械結合係数（ $k^2_{eff}$ ）が最も大きくなるのは、Wであり、以下、Pt、Mo、Cu、Alの順であった。

## 【0068】

各電極の材料におけるおよその音響インピーダンスおよび抵抗率は、表1のとおりである。

## 【0069】

【表1】

電極の材料	音響インピーダンス ( $Ns/m^3$ )	抵抗率 ( $\mu\Omega cm$ )
W	$1.0 \times 10^8$	5.5
Pt	$7.5 \times 10^7$	10.6
Mo	$6.9 \times 10^7$	5.7
Cu	$3.9 \times 10^7$	1.7
Al	$1.7 \times 10^7$	2.7

図23および表1より、音響インピーダンスの高い材料を選択するほど電気機械結合係数（ $k^2_{eff}$ ）を高くすることができることがわかる。

## 【0070】

上記実施の形態1ないし3に示したとおり、デュプレクサの高周波側に位置するフィルタ（例えば、受信側フィルタ）には電気機械結合係数（ $k^2_{eff}$ ）の大きい共振子を用いる必要がある。また、低周波側に位置するフィルタ（例えば、送信側フィルタ）には、外部にインダクタンスを付与することによって帯域を伸張することが可能であるので、電気機械結合係数（ $k^2_{eff}$ ）の小さい共振子を用いてもフィルタの急峻さを確保することができる。

## 【0071】

したがって、受信側フィルタでは、電極に電気機械結合係数（ $k^2_{eff}$ ）を大きくすることができる音響インピーダンスの高い材料を用いることが好ましい。また、送信側フィルタでは、電極に音響インピーダンスが低い、抵抗率の小さい銅やアルミニウムを用いることで、特性の良好なデュプレクサを作製することができる。

## 【0072】

## 〔実施の形態5〕

本実施の他の形態について図25に基づいて説明すれば、以下のとおりである。なお、説明の便宜上、前記実施の形態1ないし4にて示した各部材と同一の機能を有する部材には、同一の符号を付記し、その説明を省略する。

## 【0073】

本実施の形態では、受信側フィルタ 6 の各共振子は、図 25 に示すように、基本波を用いる構成にすることが出来る。基本波を用いる共振子は、図 2～4 および図 9 に示す、2 倍波を用いる共振子よりも  $k^2_{eff}$  を大きくすることが出来る。よって、受信側フィルタに必要なとされる通過帯域を確保することが出来る。

#### 【0074】

例えば、受信側フィルタ 6 の各共振子を、AlN からなる圧電薄膜を有し、基本波を用いる共振子とし、送信側フィルタ 5 の各共振子を、ZnO からなる圧電薄膜を有し、2 倍波を用いる共振子をする事で、良好な特性のデュプレクサを実現することが出来る。

#### 【0075】

次に、上記実施の形態に記載のデュプレクサを用いた通信装置について図 24 に基づき説明する。上記通信装置 600 は、受信を行うレシーバ側 (Rx 側) として、アンテナ 601、アンテナ共用部/RFTop フィルタ 602、アンプ 603、Rx 段間フィルタ 604、ミキサ 605、1st IF フィルタ 606、ミキサ 607、2nd IF フィルタ 608、1st + 2nd ローカルシンセサイザ 611、TCXO (temperature compensate crystal oscillator (温度補償型水晶発振器)) 612、デバイダ 613、ローカルフィルタ 614 を備えて構成されている。

#### 【0076】

Rx 段間フィルタ 604 からミキサ 605 へは、図 12 に二本線で示したように、バランス性を確保するために各平衡信号にて送信することが好ましい。

#### 【0077】

また、上記通信装置 600 は、送信を行うトランシーバ側 (Tx 側) として、上記アンテナ 601 及び上記アンテナ共用部/RFTop フィルタ 602 を共用するとともに、Tx IF フィルタ 621、ミキサ 622、Tx 段間フィルタ 623、アンプ 624、カプラ 625、アイソレータ 626、APC (automatic power control (自動出力制御)) 627 を備えて構成されている。

#### 【0078】

そして、上記の Rx 段間フィルタ 604、RFTop フィルタ 602 には、上述した本実施の形態に記載のデュプレクサが好適に利用できる。

#### 【0079】

本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、異なる実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせて得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0080】

本発明の圧電薄膜共振子を有するフィルタを備える分波器は、携帯電話等の通信装置に適用することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0081】

【図 1】 本発明の実施の一形態に係るデュプレクサの回路図である。

【図 2】 上記デュプレクサにおける送信側フィルタの共振子の構造を示す概略の断面図である。

【図 3】 上記デュプレクサにおける受信側フィルタの共振子の構造を示す概略の断面図である。

【図 4】 本発明の実施の他の形態にかかる受信側フィルタの共振子の構造を示す概略の断面図である。

【図 5】 図 4 の共振子の一例における各層の振動の変位を示したグラフである。

【図 6】 図 4 の共振子における  $k^2_{eff}$  と膜厚比との関係を示すグラフである。

【図 7】 図 4 の共振子における Q 値と膜厚比との関係を示すグラフである。

【図 8】 図 4 の共振子における TCF と膜厚比との関係を示すグラフである。

【図 9】 本発明の実施の他の形態に係る送信側フィルタにおける共振子の構造を示す

概略の断面図である。

【図10】図9の共振子の一例における各層の振動の変位を示したグラフである。

【図11】図9の共振子における $k^2_{eff}$ と膜厚比との関係を示すグラフである。

【図12】図9の共振子におけるQ値と膜厚比との関係を示すグラフである。

【図13】図9の共振子におけるTCFと膜厚比との関係を示すグラフである。

【図14】上記デュプレクサの変形例を示す回路図である。

【図15】上記デュプレクサの他の変形例を示す回路図である。

【図16】上記デュプレクサのさらに他の変形例を示す回路図である。

【図17】上記送信側フィルタおよび受信側フィルタにおける共振子の変形例を示す概略の断面図である。

【図18】本発明の他の実施の形態にかかる送信側フィルタと受信側フィルタとにおける挿入損失の周波数特性を示すグラフである。

【図19】本発明の他の実施の形態にかかる送信側フィルタと受信側フィルタとにおける挿入損失の周波数特性を示すグラフである。

【図20】比較例の送信側フィルタと受信側フィルタとにおける挿入損失の周波数特性を示すグラフである。

【図21】比較例の送信側フィルタと受信側フィルタとにおける挿入損失の周波数特性を示すグラフである。

【図22】実施の形態4で用いた圧電薄膜共振子の断面図である。

【図23】実施の形態4における圧電膜厚比に対する、電気機械結合係数を示した検討結果を示すグラフである。

【図24】本発明のデュプレクサを搭載した通信装置の回路ブロック図である。

【図25】本発明の実施の他の形態にかかる受信側フィルタの共振子の構造を示す概略の断面図である。

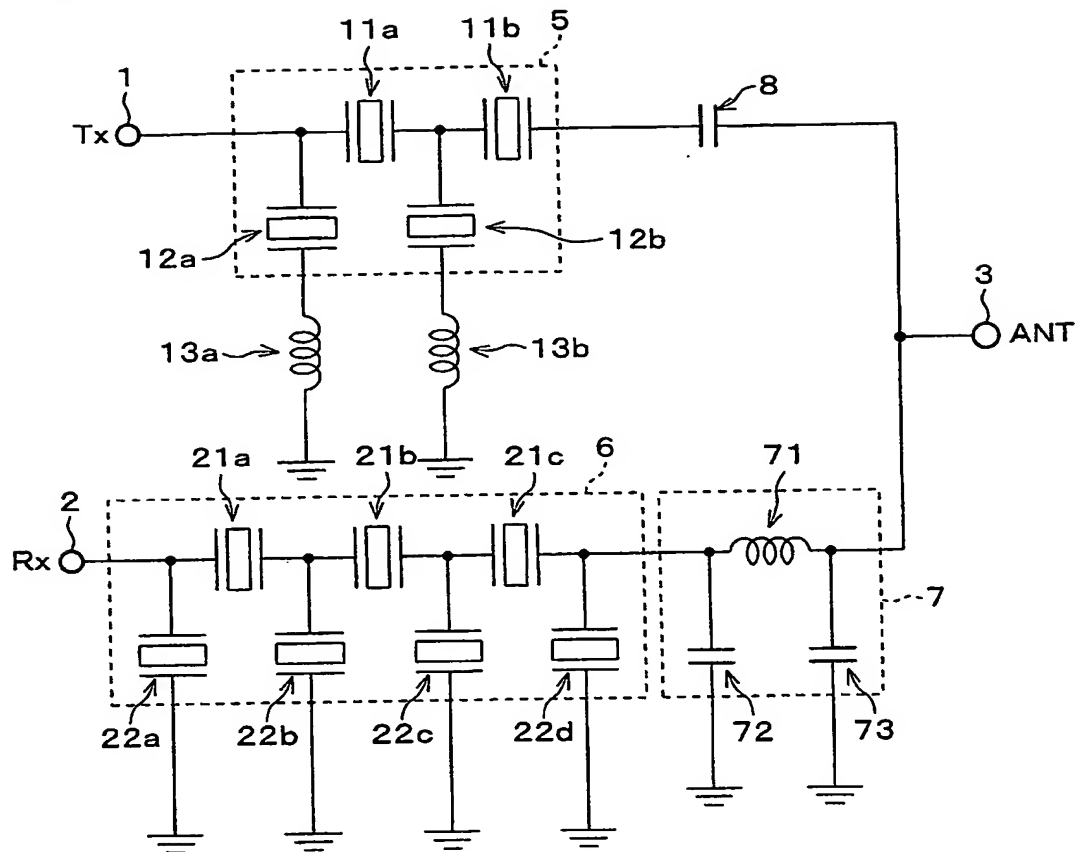
#### 【符号の説明】

##### 【0082】

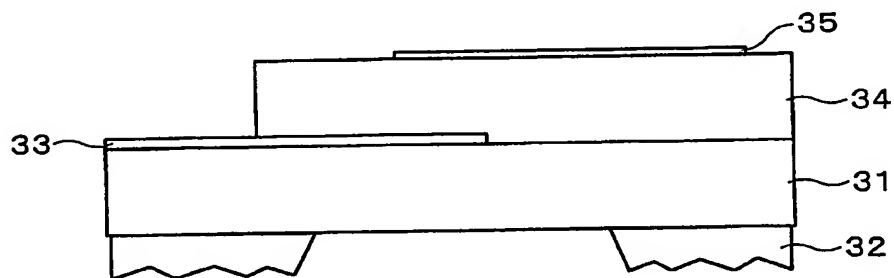
- 1 送信端子
- 2 受信端子
- 3 アンテナ端子
- 5 送信側フィルタ
- 6 受信側フィルタ
- 11a、11b 直列共振子
- 12a、12b 並列共振子
- 13a、13b インダクタンス
- 21a～21c 直列共振子
- 22a～22d 並列共振子
- 31 絶縁膜
- 32 支持基板（基板）
- 33 下部電極（電極）
- 34 圧電薄膜
- 35 上部電極（電極）
- 41 絶縁膜
- 42 支持基板（基板）
- 43 下部電極（電極）
- 44 圧電薄膜
- 45 上部電極（電極）

【書類名】 図面

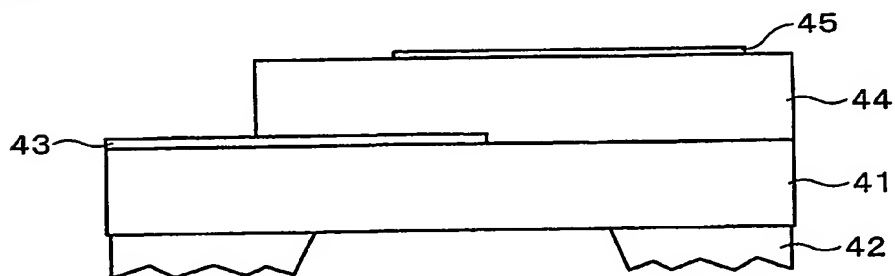
【図 1】



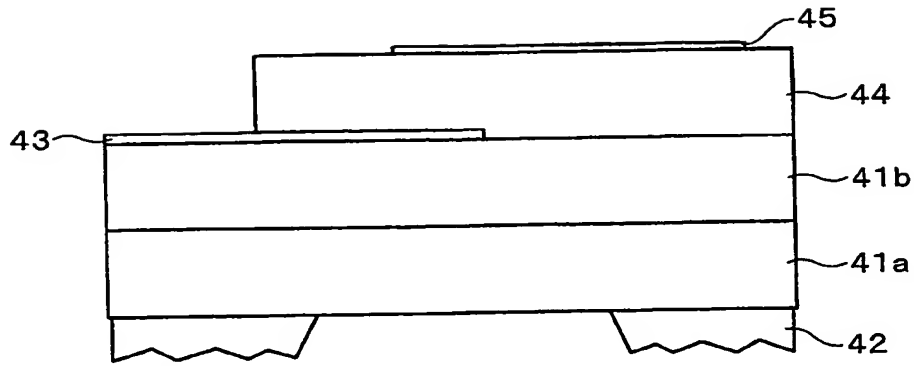
【図 2】



【図 3】

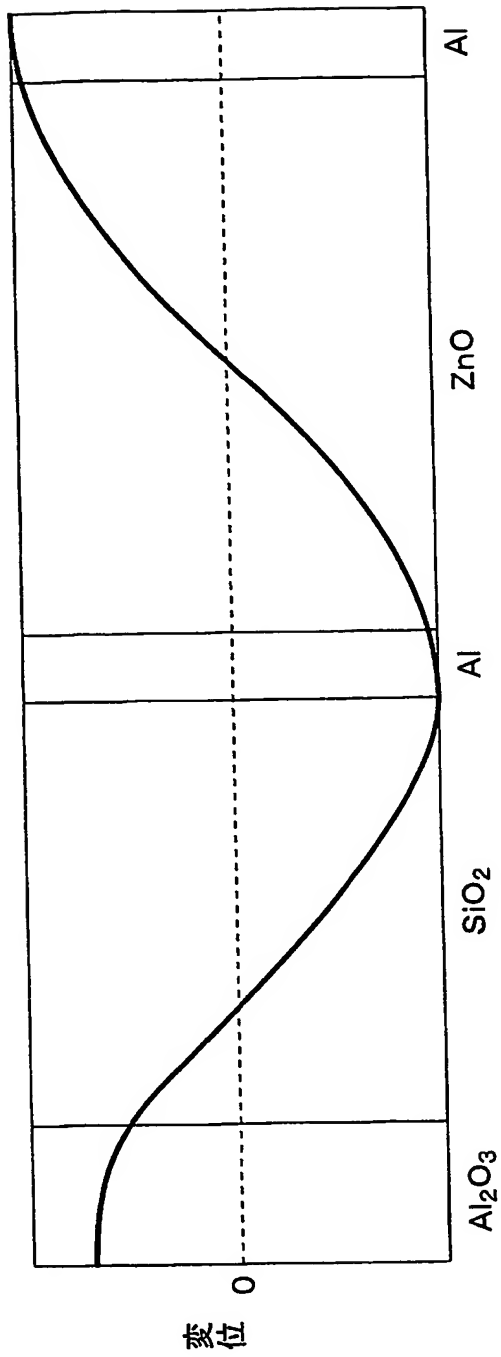


【図4】

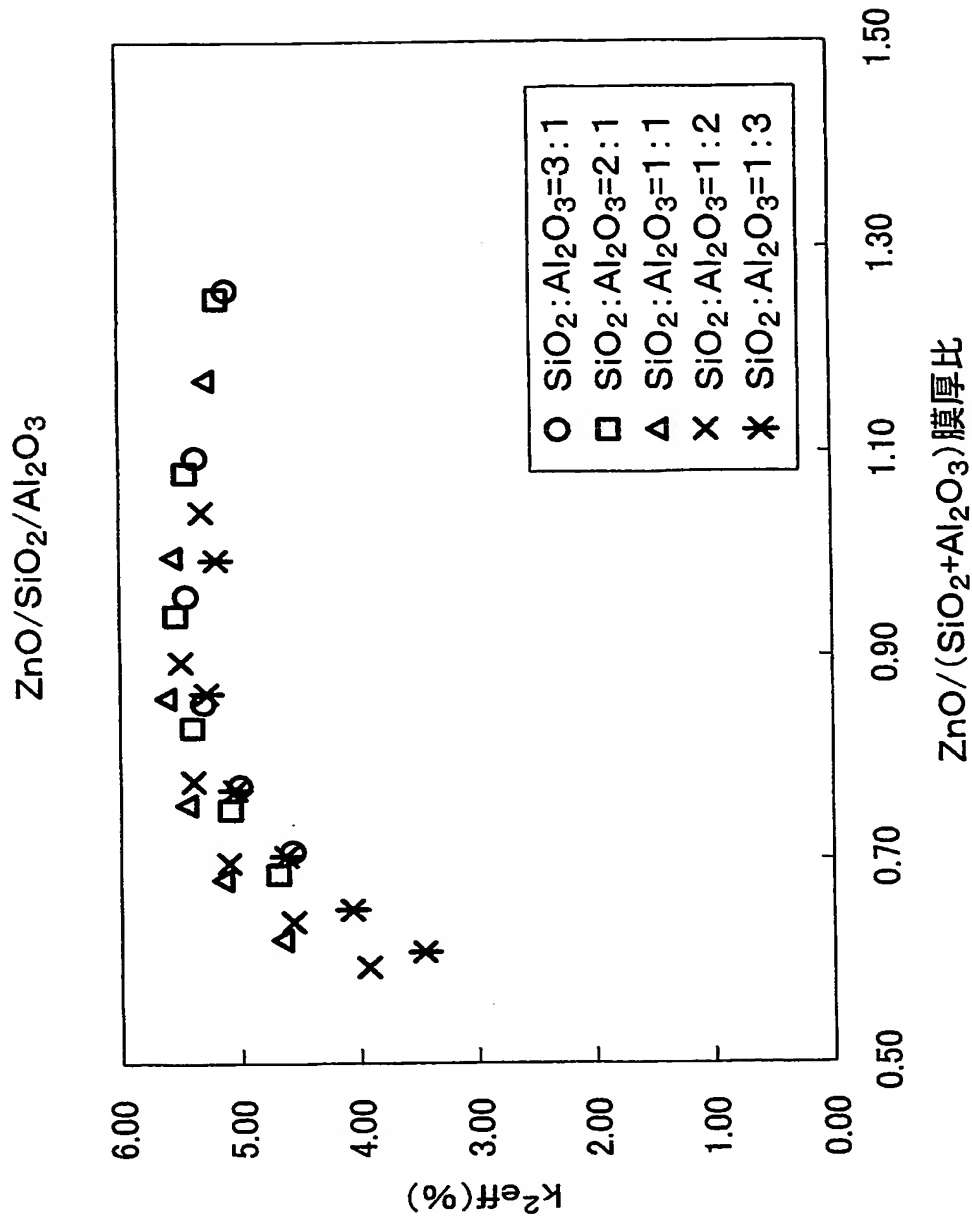




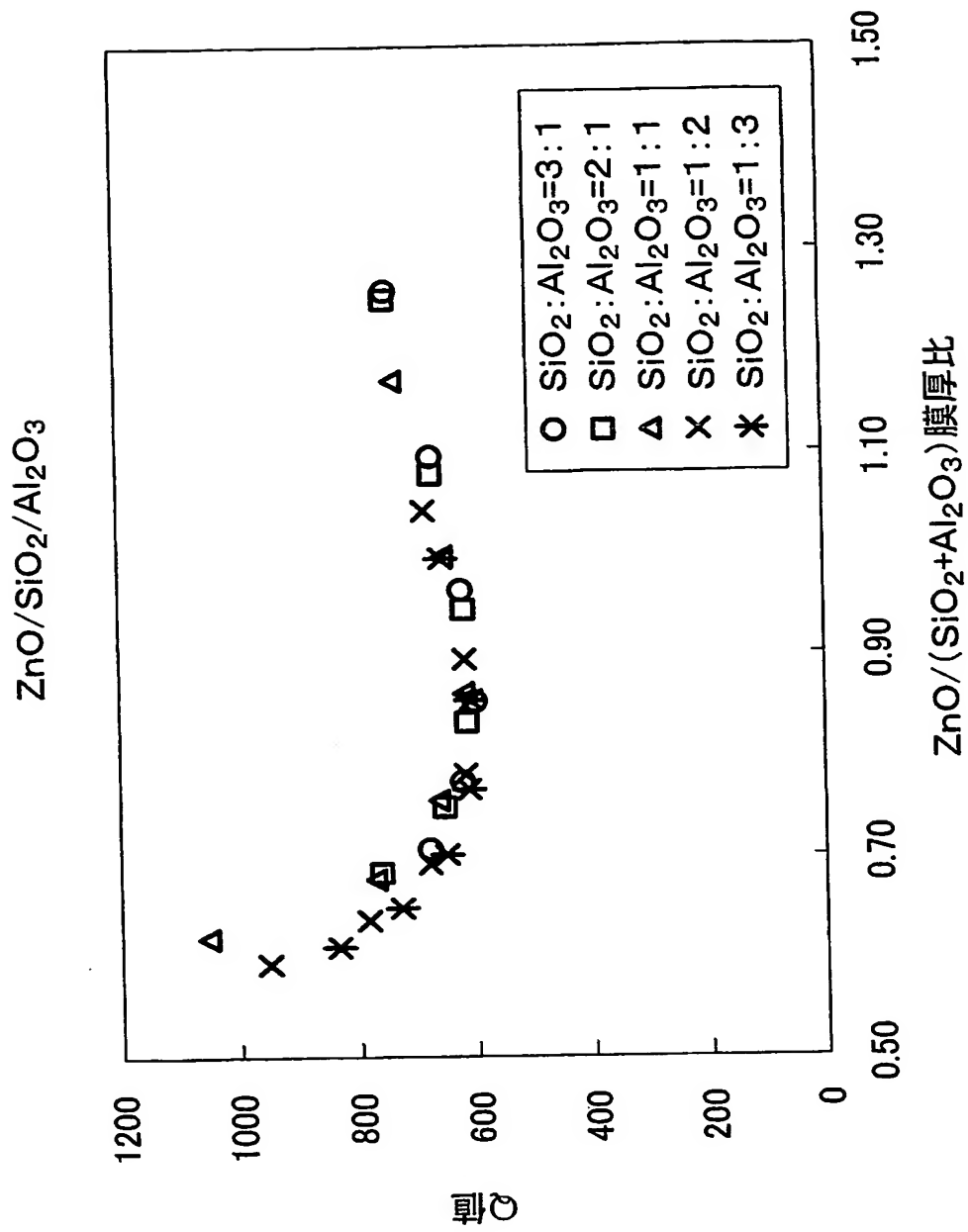
【図5】



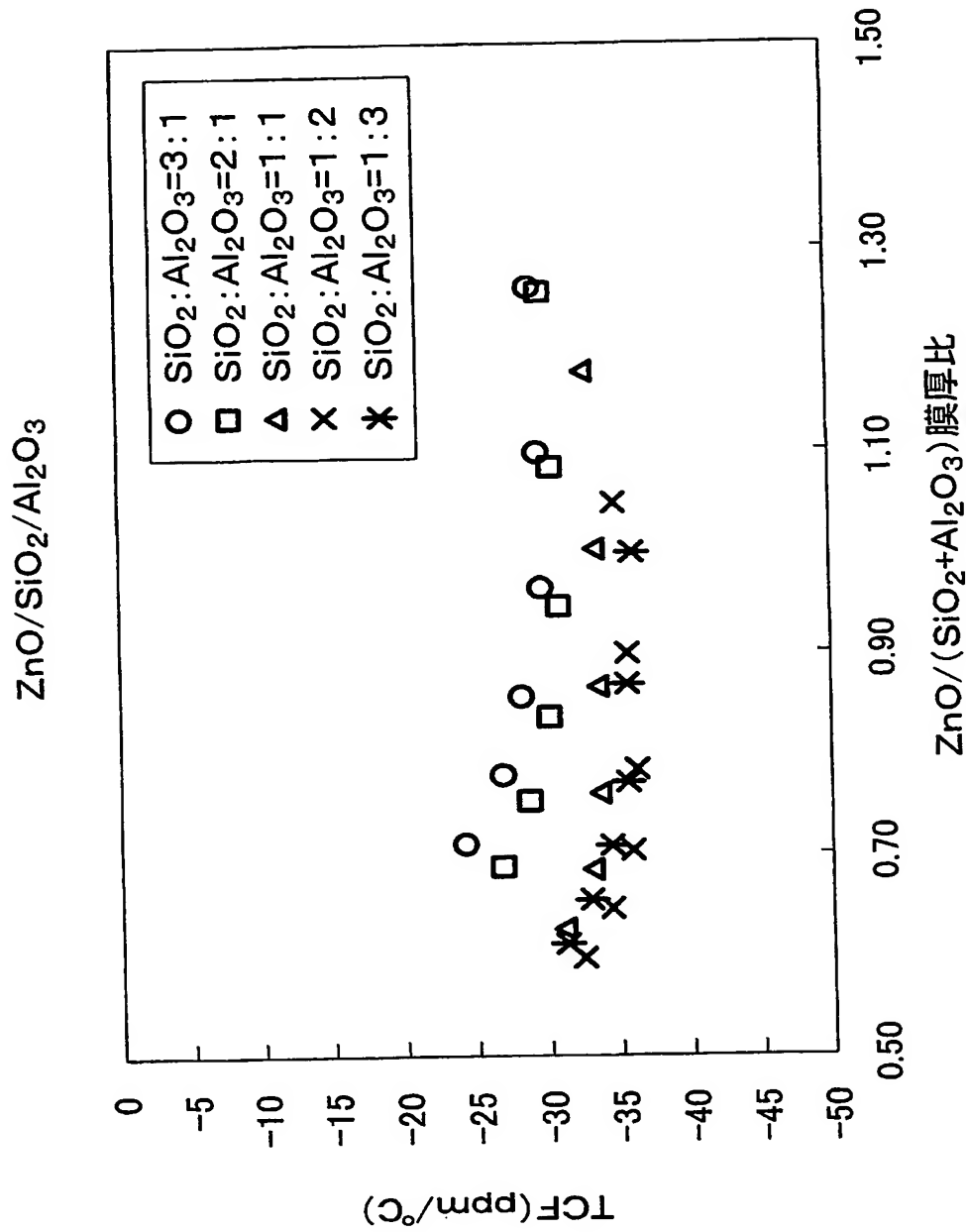
【図 6】



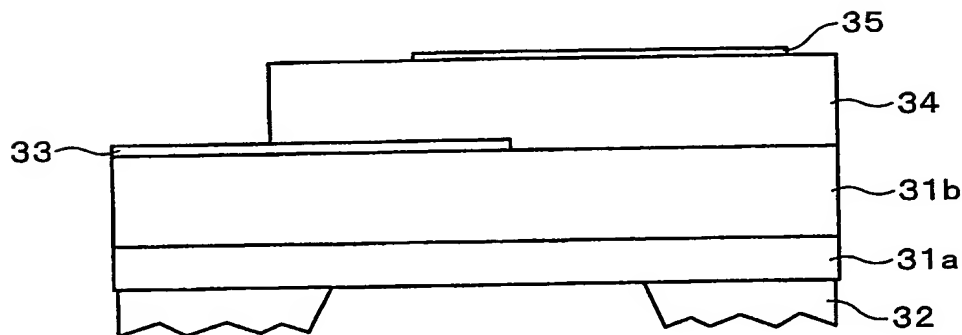
【図 7】



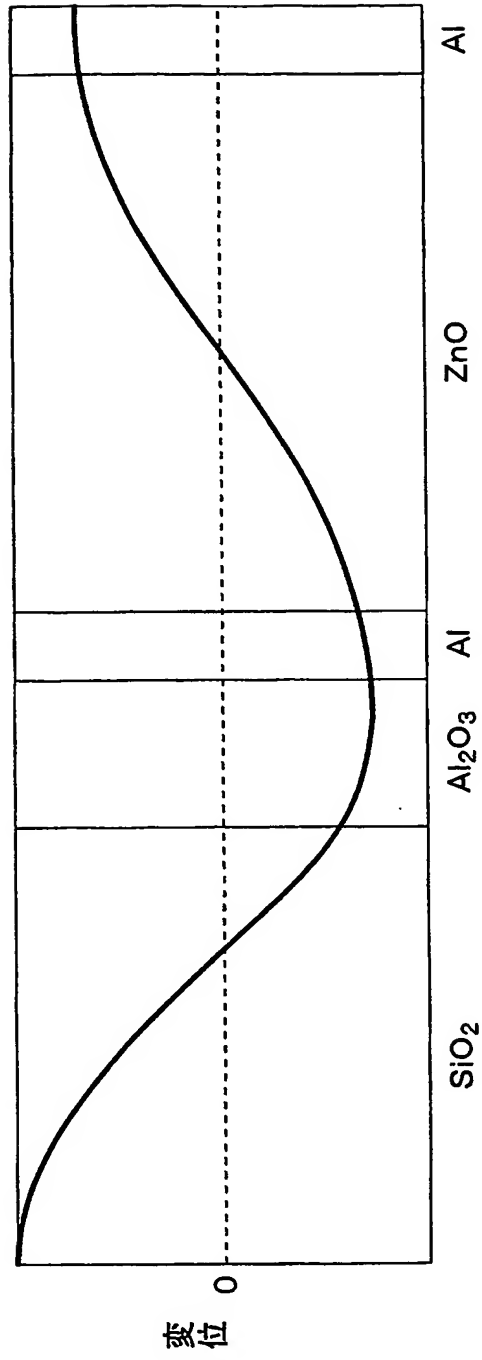
【図 8】



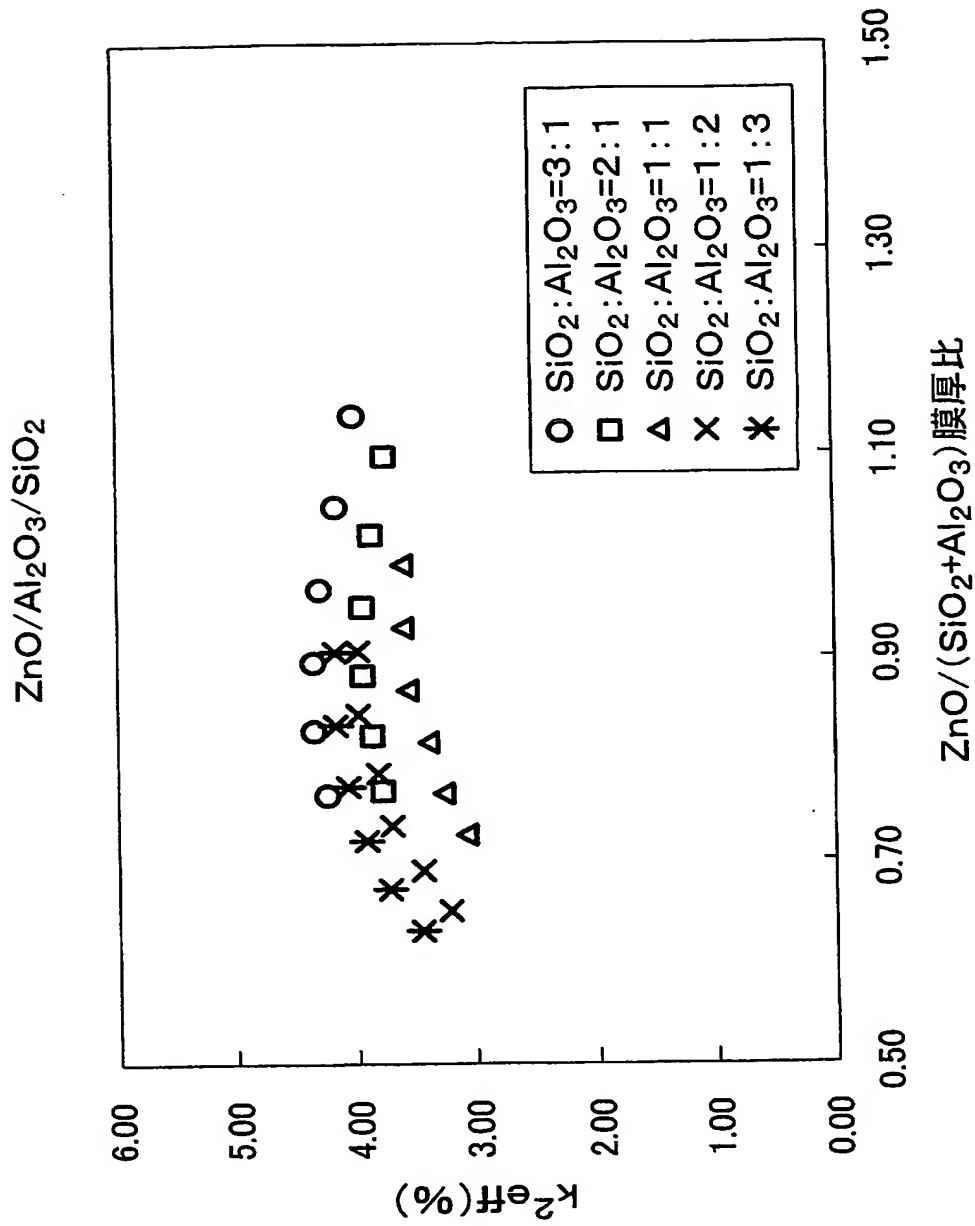
【図 9】



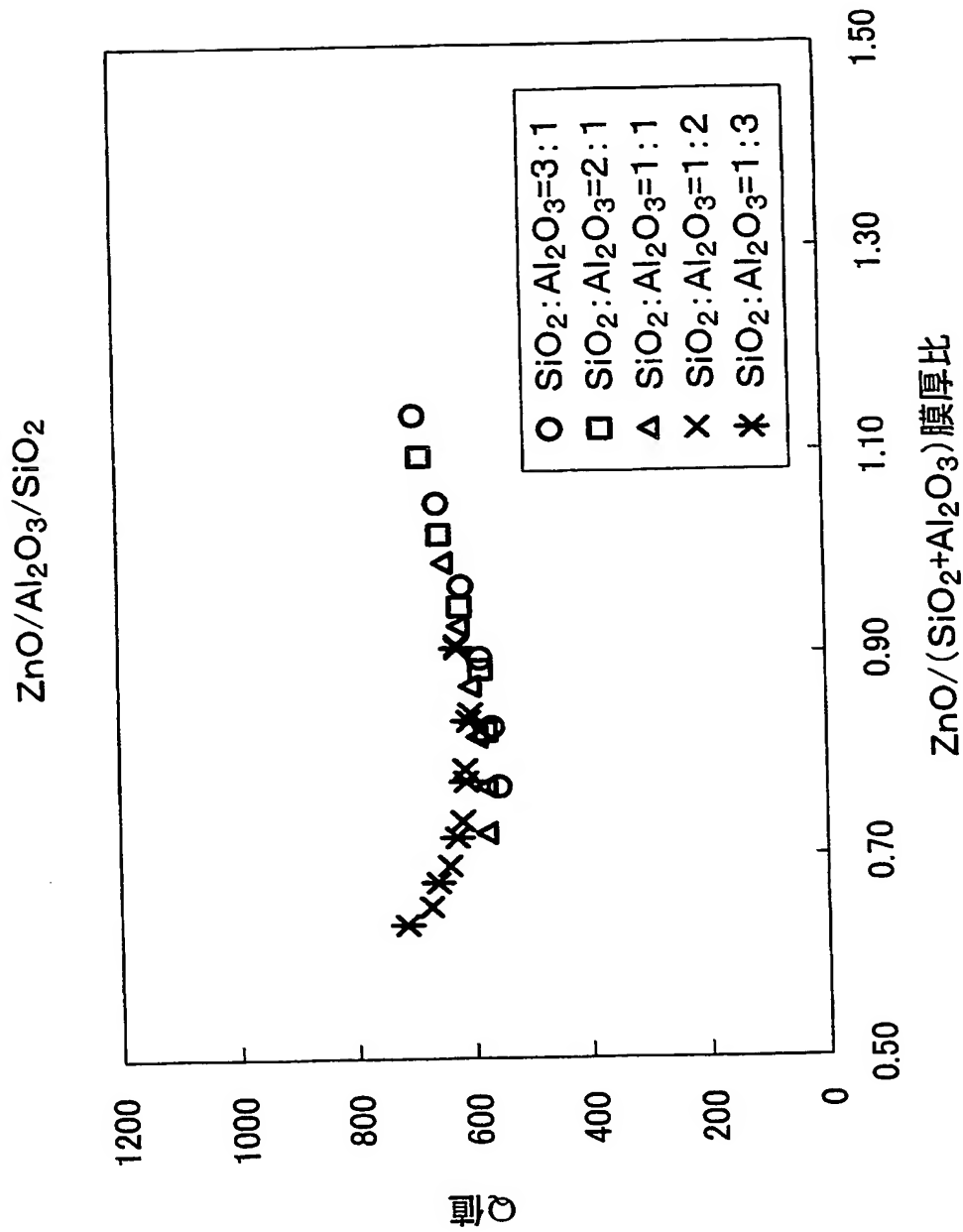
【図 10】



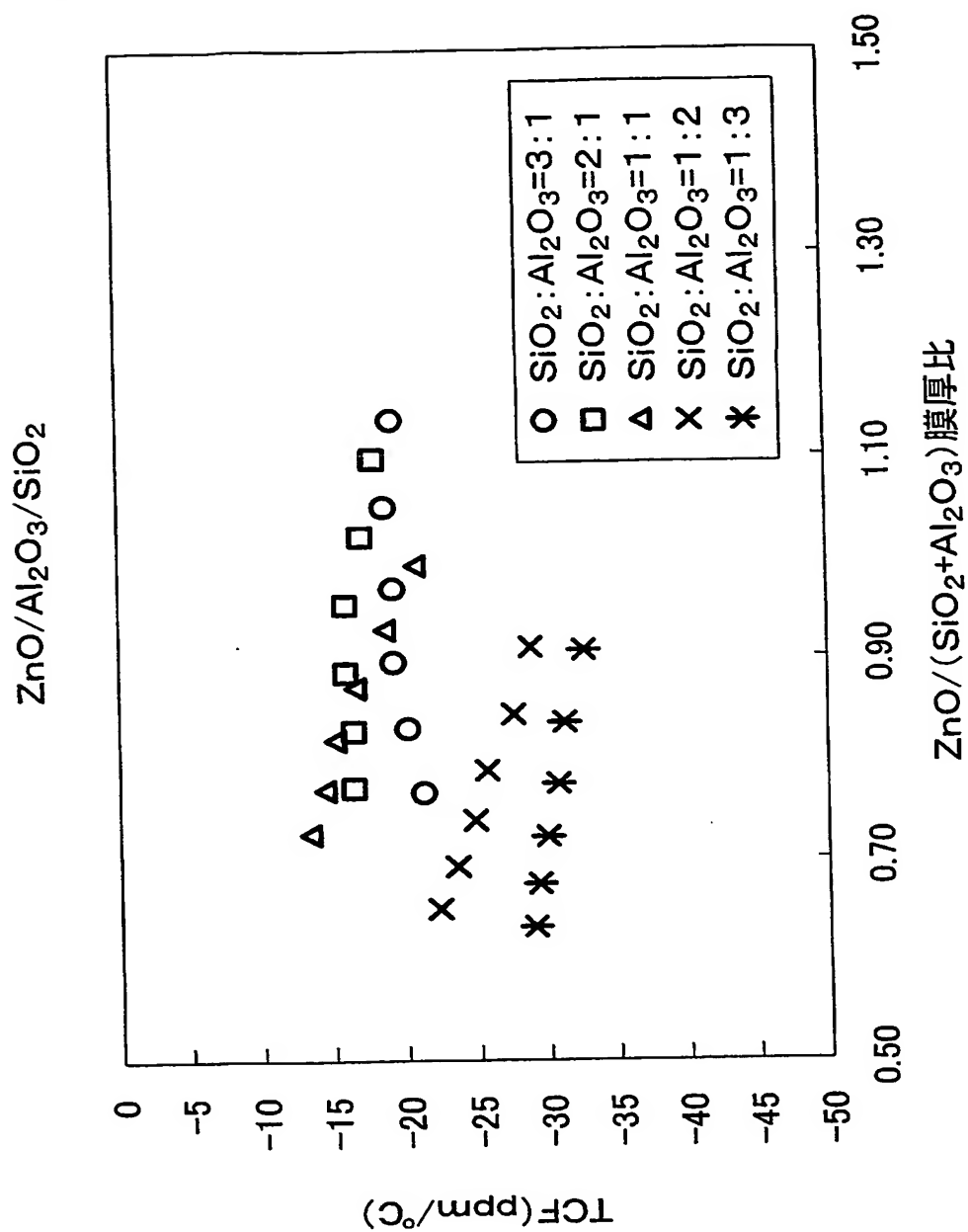
【図 11】



【図 12】

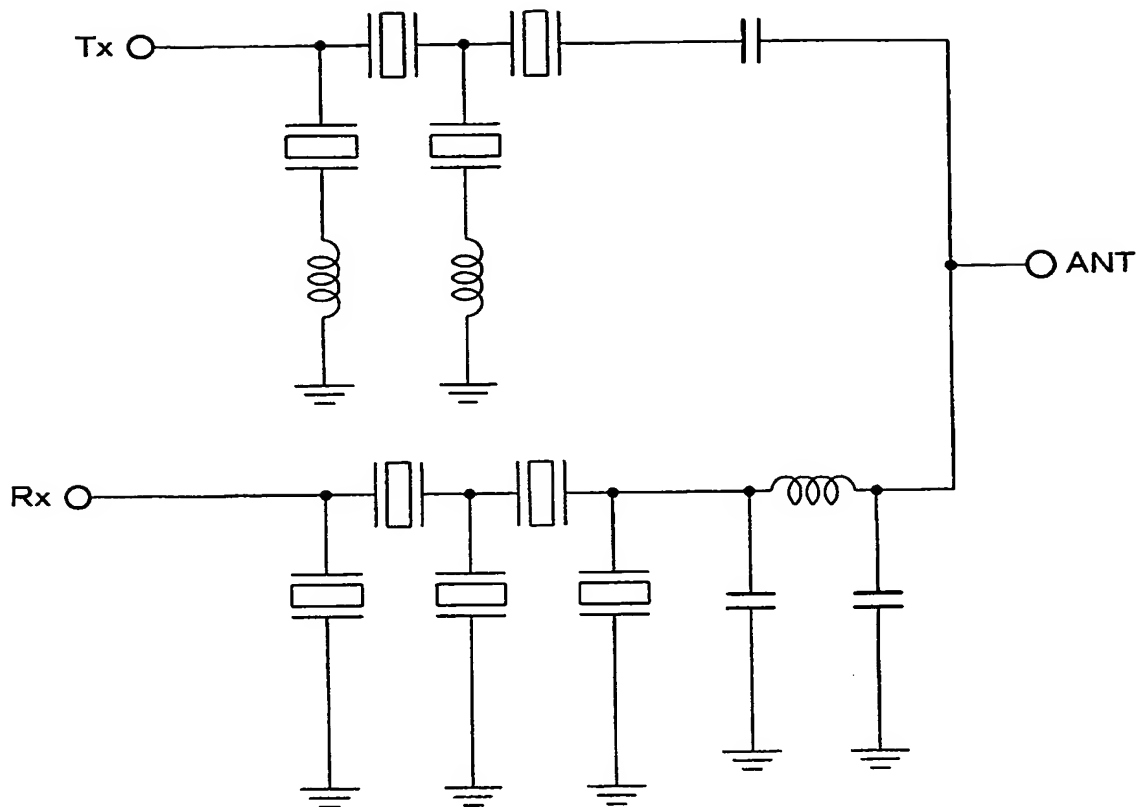


【図 13】

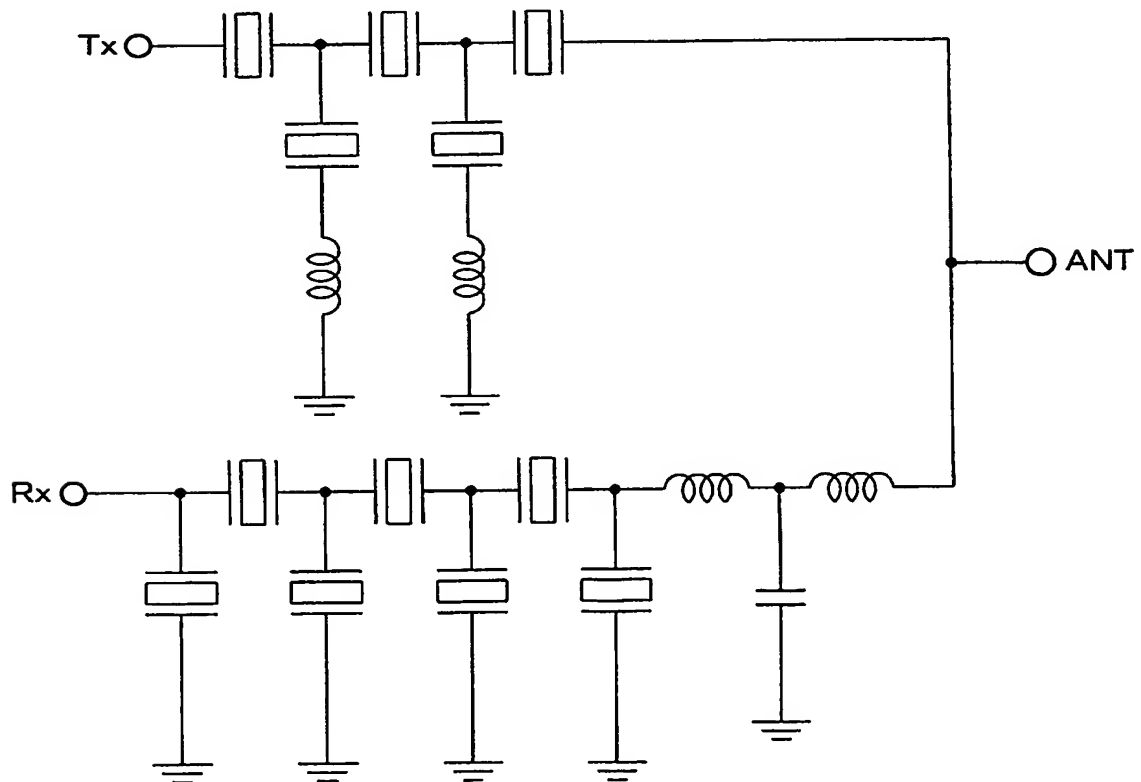




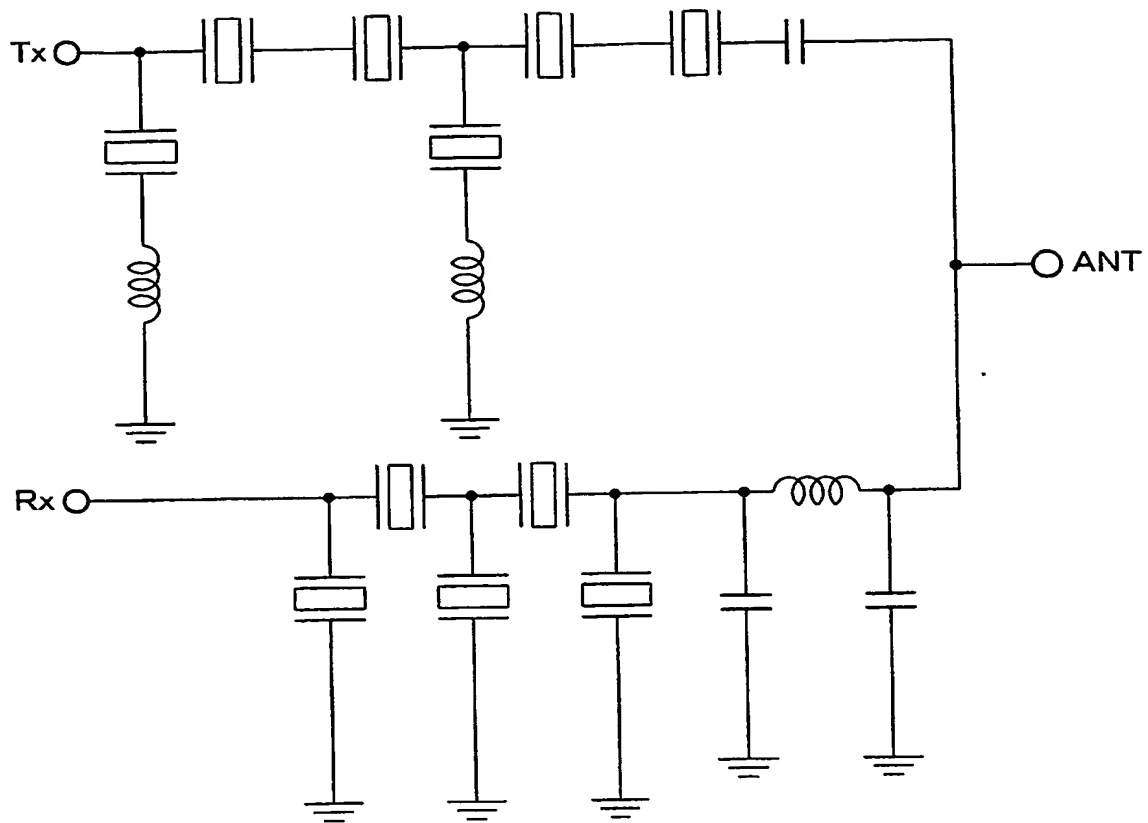
【図 14】



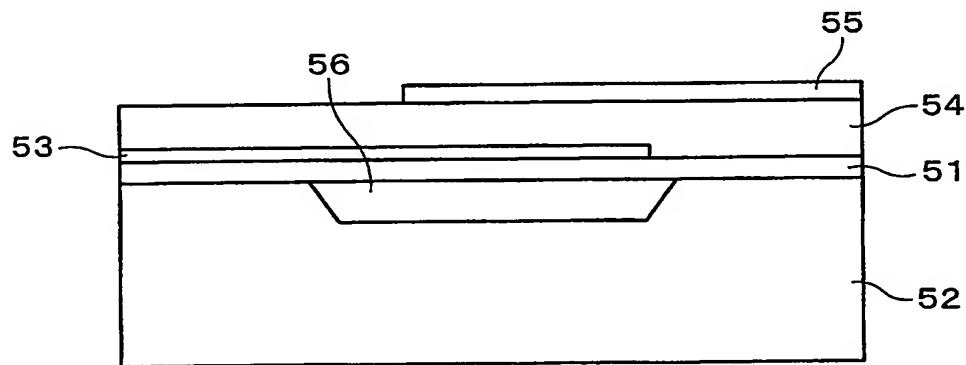
【図 15】



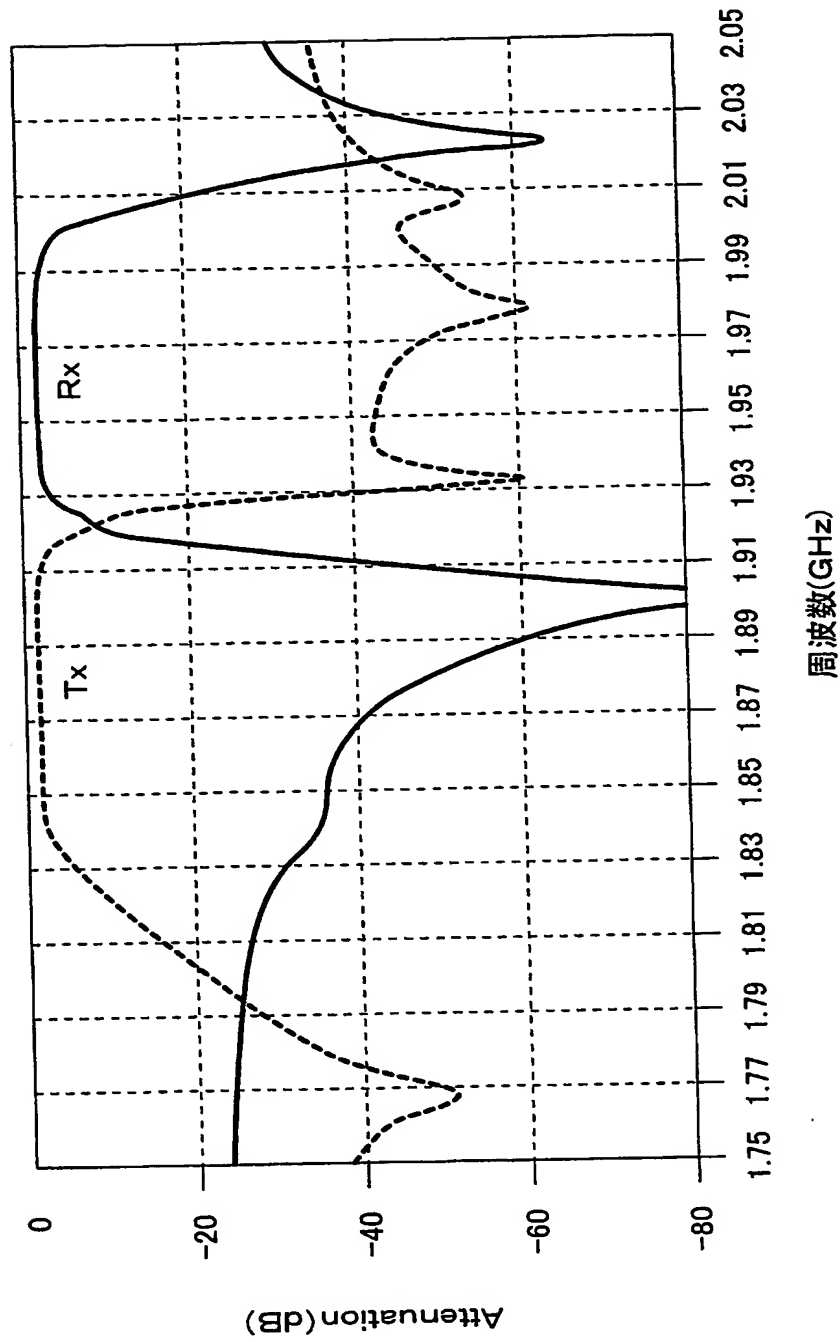
【図16】



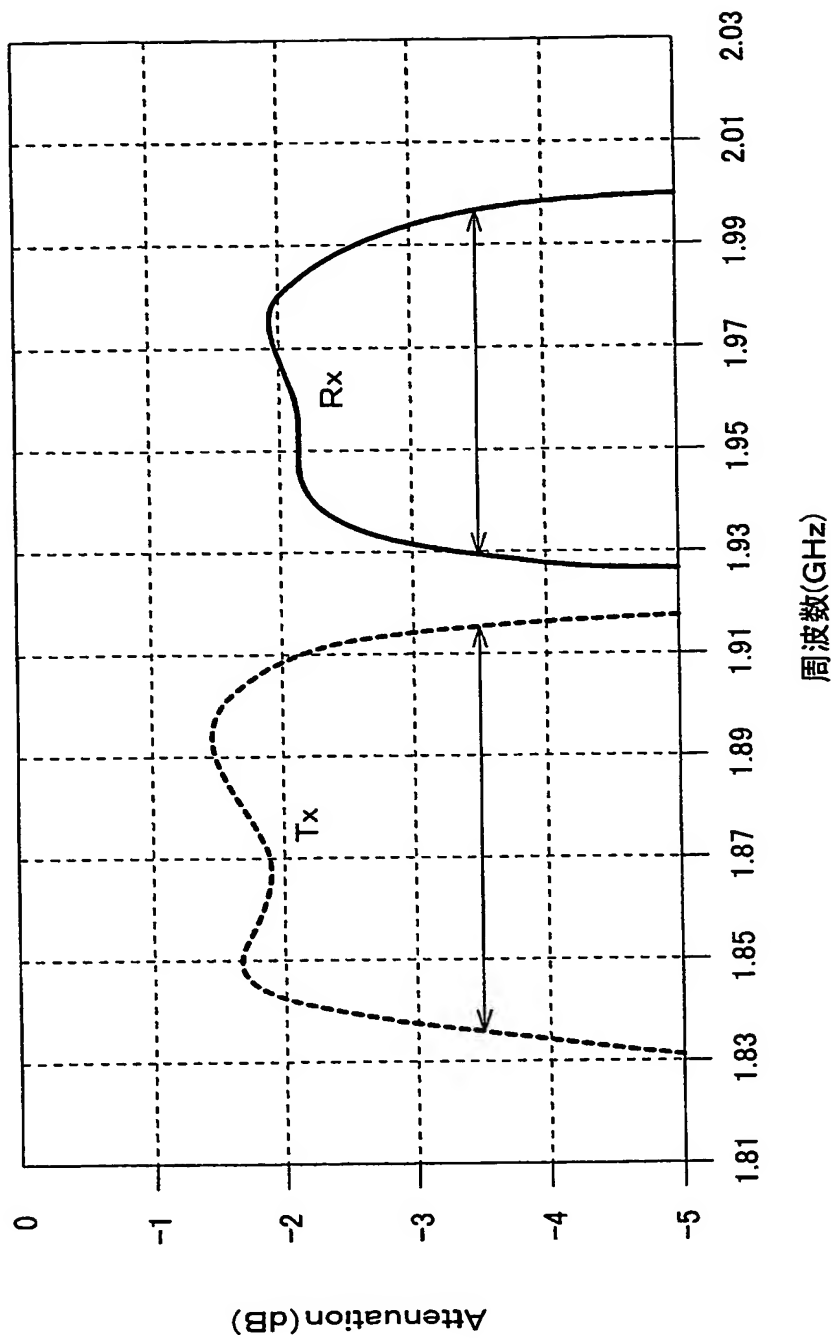
【図17】



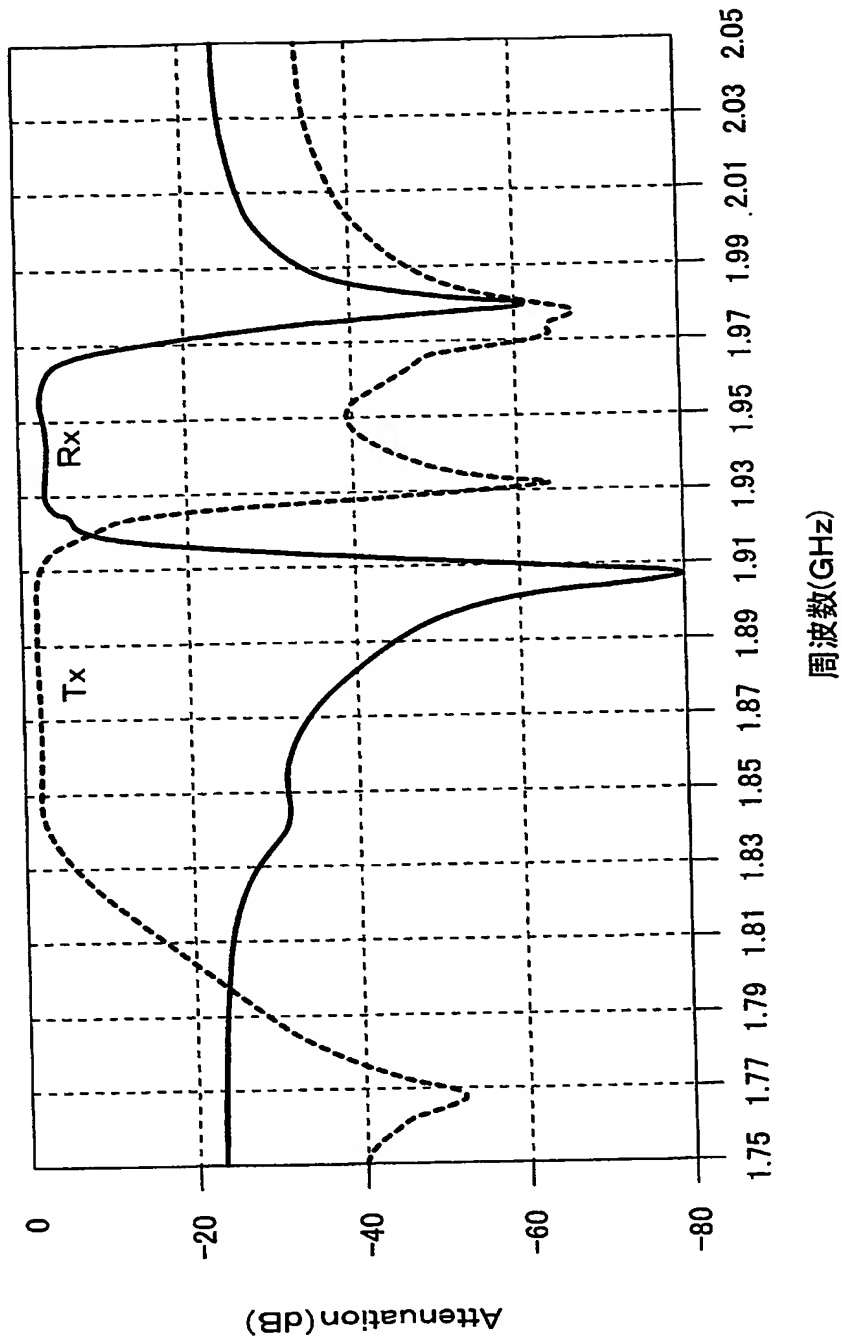
【図18】



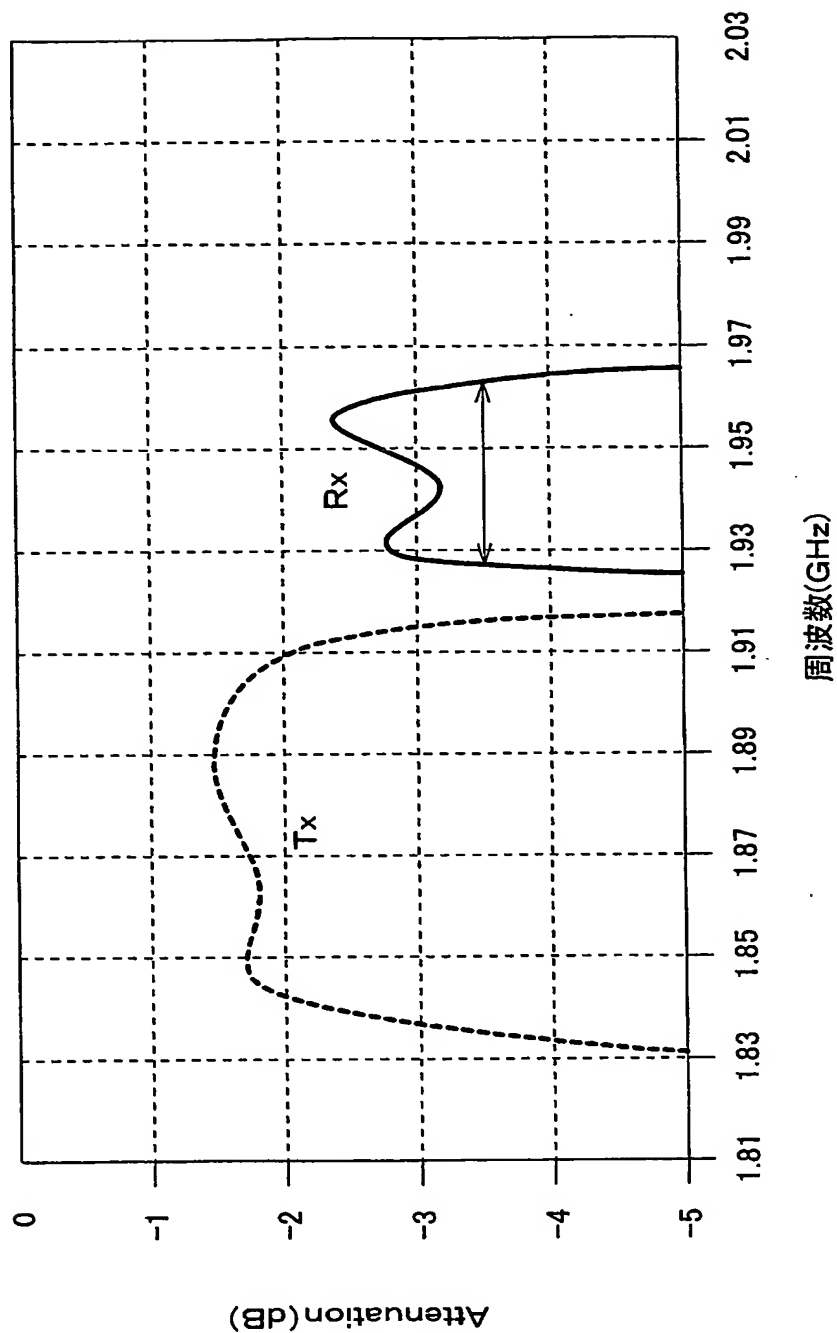
【図 19】



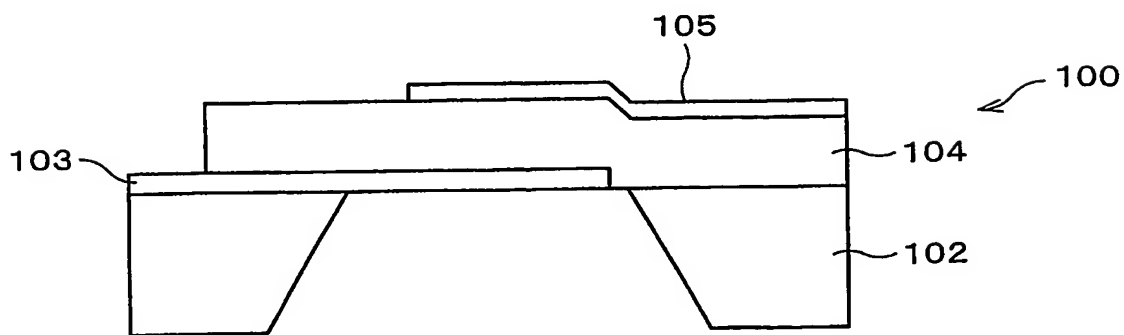
【図 20】



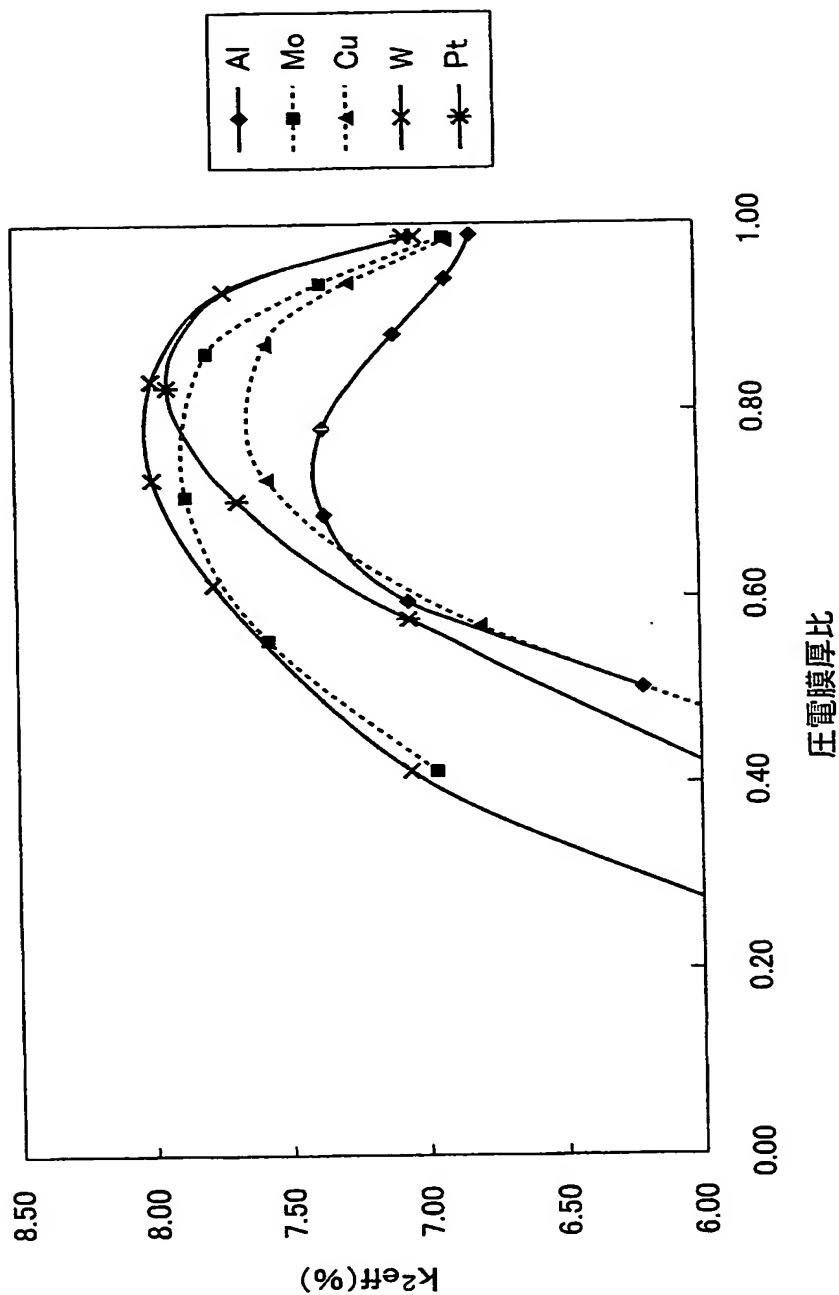
【図 2 1】



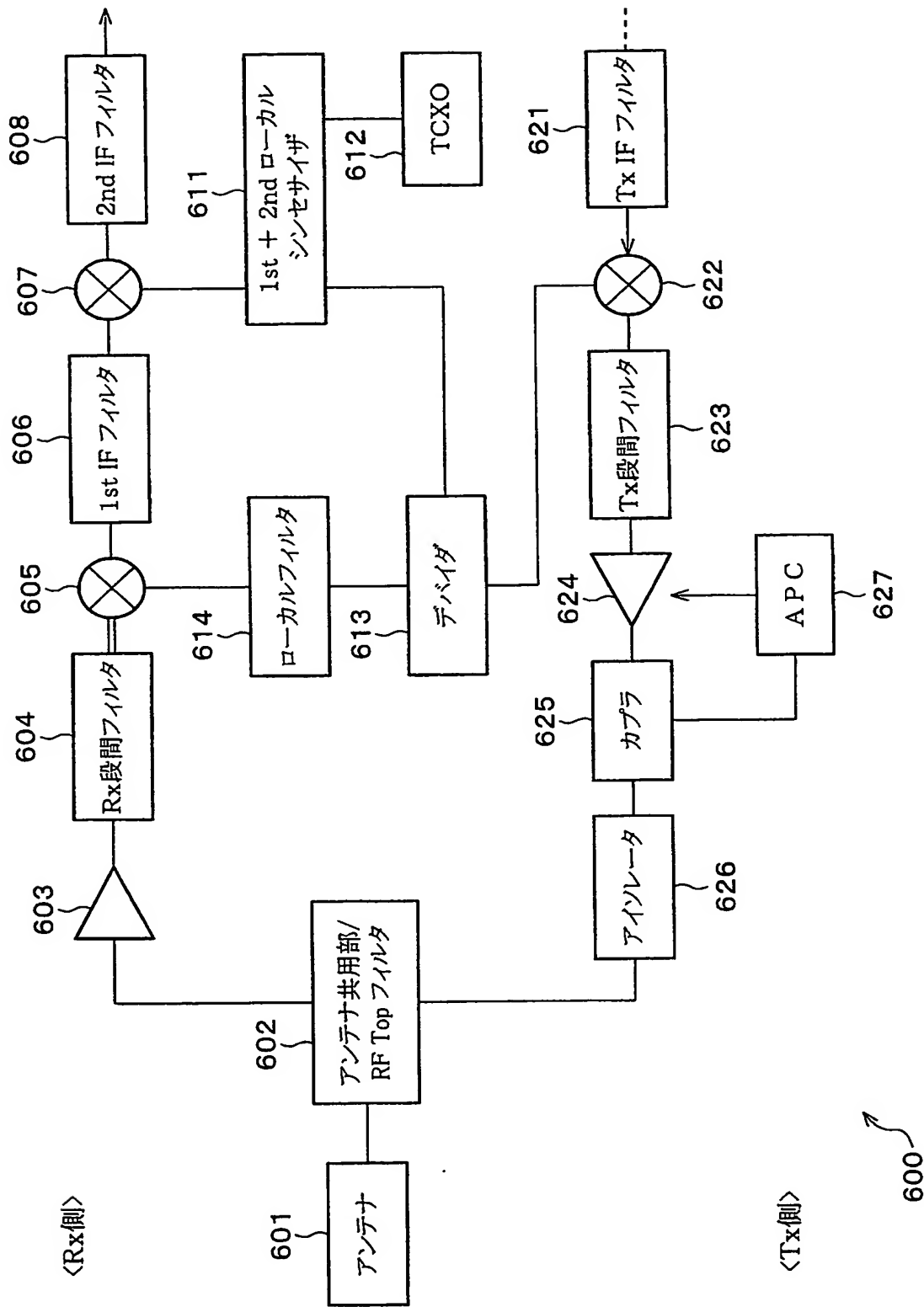
【図 2 2】



【図 23】

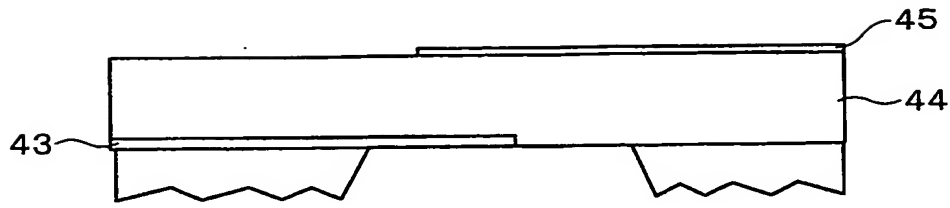


【図24】





【図 25】



**【書類名】 要約書****【要約】**

**【課題】** 送信側フィルタおよび受信側フィルタの構成を最適化した、良好な特性を有する分波器および通信装置を提供する。

**【解決手段】** 対向する電極で挟まれている圧電薄膜を有する圧電薄膜共振子 11a、11b、12a、12b、21a～21c、22a～22dが、基板の開口部若しくは凹部上に、梯子型に配置されている送信側フィルタ5及び受信側フィルタ5を備え、該送信側フィルタ5と該受信側フィルタ6とをアンテナ端子3に並列接続している。前記送信側フィルタ5を構成する圧電薄膜共振子11a、11b、12a、12bと、前記受信側フィルタ6を構成する圧電薄膜共振子21a～21c、22a～22dとを互いに異ならせる。

**【選択図】** 図1

特願 2 0 0 3 - 3 1 4 6 4 6

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 6 2 3 1 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

京都府長岡京市天神二丁目 2 6 番 1 0 号

氏 名

株式会社村田製作所